

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-164986

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/227

(21)Application number : 11-270864

(71)Applicant : MITSUBISHI CHEMICALS CORP

(22)Date of filing : 24.09.1999

(72)Inventor : HASHIMOTO MAKIKO  
SHIMOYAMA KENJI  
FUJII KATSUSHI  
KIYOMI KAZUMASA

(30)Priority

Priority number : 10271634

Priority date : 25.09.1998

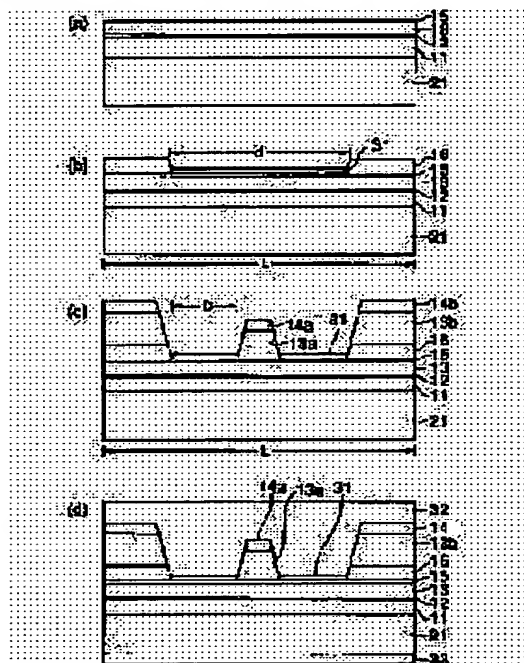
Priority country : JP

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To minimize the existence of a protective film and improve the yield with the cleavage, assembling, etc., by forming a semiconductor layer to be a current block layer outside the protective film at the outsides of ridges.

**SOLUTION:** On a substrate 21 a first conductivity-type clad layer 11 and an active layer 12 are laminated, a protective film 31 which is an insulation layer is deposited thereon, the protective film 31 on a ridge dummy region at an outer part of the protective film 31 is removed through photolithography, a semiconductor layer to be a current block layer 16 is formed on the ridge dummy region, a ridge-forming opening is bored in a central part of the protective film by the photolithography, a second conductive clad layer 13a and a contact layer 14a are deposited on the ridge part and layers 13b, 14b corresponding to them are deposited on the ridge dummy region. Thus the yield with the cleavage and assembling can be improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-164986

(P2000-164986A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 S 5/227

識別記号

F I

H 0 1 S 5/227

テーマコード<sup>\*</sup> (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-270864

(22) 出願日 平成11年9月24日 (1999.9.24)

(31) 優先権主張番号 特願平10-271634

(32) 優先日 平成10年9月25日 (1998.9.25)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

(72) 発明者 橋本 真紀子

茨城県牛久市東猪穴町1000番地 三菱化学

株式会社筑波事業所内

(72) 発明者 下山 謙司

茨城県牛久市東猪穴町1000番地 三菱化学

株式会社筑波事業所内

(74) 代理人 100103997

弁理士 長谷川 暁司

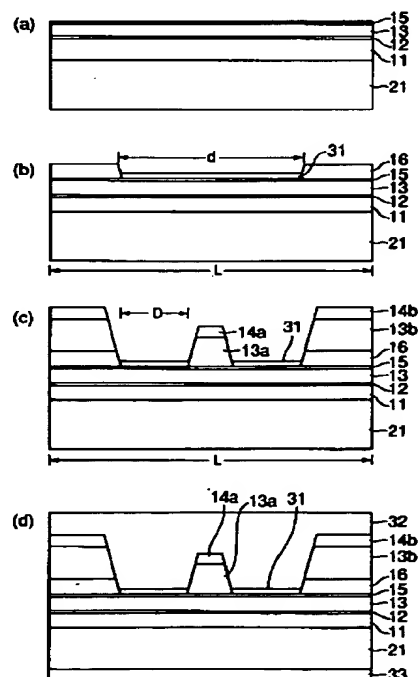
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 リッジストライプ型導波路構造半導体発光装置の劈開、組立による歩留まりを向上させ、j - d o w nで組み立てた場合にリッジストライプ部分へのストレスを軽減し、高出力、長寿命を達成する。

【解決手段】 基板上に、活性層を含む化合物半導体層、電流が注入される開口部上に形成されたリッジ型の化合物半導体層、該開口部の両側を覆う保護膜及び該保護膜の更に外側に形成された電流ブロック層を有することを特徴とする半導体発光装置及びその製造方法。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、活性層を含む化合物半導体層、開口部に形成されたリッジ型の化合物半導体層及び該開口部領域の両側を覆う保護膜を有する半導体発光装置において該保護膜の外側に電流ブロック層が形成されていることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】 前記の活性層を含む化合物半導体層が、活性層の上下にそれぞれ活性層より屈折率の小さい層を含むことを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光装置。

【請求項 3】 前記の活性層の上下の活性層より屈折率の小さい層のうち、基板側の層が第 1 導電型クラッド層であり、他方の層が第 2 導電型第 1 クラッド層であることを特徴とする請求項 2 記載の半導体発光装置。

【請求項 4】 前記のリッジ型の化合物半導体層が、活性層より屈折率の小さい層を含むことを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 5】 前記の活性層より屈折率の小さい層が、第 2 導電型第 2 クラッド層であることを特徴とする請求項 4 記載の半導体発光装置。

【請求項 6】 前記電流ブロック層が、半導体層であることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 7】 前記電流ブロック層が、第 1 導電型の半導体層または高抵抗の半導体層であることを特徴とする請求項 6 記載の半導体発光装置。

【請求項 8】 基板上に活性層を含む化合物半導体層及び少なくとも開口部を覆う保護膜をこの順に形成する工程、該保護膜の両側に電流ブロック層を選択成長する工程、該保護膜に開口部を形成する工程、該開口部にリッジ型の化合物半導体層を選択成長する工程を含むことを特徴とする半導体発光装置の製造方法。

【請求項 9】 基板上に、活性層を含む化合物半導体層及び電流ブロック層をこの順に積層する工程、該電流ブロック層の一部を除去する工程、その除去された部分に開口部を有する該保護膜を形成する工程、該開口部にリッジ型の化合物半導体層を選択成長する工程を含むことを特徴とする半導体発光装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体発光装置及びその製造方法に係わり、特に半導体レーザとして好適な、リッジ型ストライプ構造を有する半導体発光装置及びその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来型のリッジ導波路型ストライプ構造半導体レーザの構造及びその作成方法を図 4 に示す。図 4 (a) に示す様に、基板 21 上に第 1 導電型第 1 クラッド層 11、活性層 12 及び第 2 導電型第 2 クラッド層 13 及び第 2 導電型コンタクト層 14 を成長した後、図 4 (b) の様にエッチングにより第 2 導電型コンタクト

層 14 及び第 2 導電型第 2 クラッド層 13 をエッチングすることによってリッジ部を形成する。この際、リッジ以外の部分は活性層 12 の上部にある第 2 導電型第 2 クラッド層 13 の途中までエッチングし、その後、このリッジ部側面およびリッジ以外の部分の表面を絶縁層 31 を用いて電流が流れないようにし、その上にリッジ上部を含めて電極 32 を形成する事により作成する (図 4 (c))。

【0003】 このような構造にすることで、電流はリッジ部を通じて活性層 12 に注入され、リッジ部の下の活性層 12 で活性層 12 の組成に対応した光が発生する。一方、半導体部分に比べて屈折率の小さい絶縁層 31 を形成しているため、リッジ以外の部分の活性層の実効屈折率はリッジ部の実効屈折率より小さくなる。その結果、発生した光はリッジ下部の光導波路に閉じこめられることになる。

【0004】 このリッジ導波路型ストライプ構造半導体発光装置はリッジ部分をエッチングにて形成しているため、活性層上のリッジ以外の部分のエッチングされたクラッド層部分の厚みを一定にすることが困難であった。その結果、このリッジ以外の部分のクラッド層の厚みのわずかな違いにより、この部分の活性層の実効屈折率が大きく変動する。また電流注入の幅を決定するリッジ底部の幅も変動し、そのために、低しきい値で光広がり角を一定にしたレーザを再現性良く作成することは困難であった。

【0005】 このような問題を解決するために、活性層上部のクラッド層の厚みを結晶成長時の結晶成長速度を用いて決定し、リッジ部分以外に保護膜を作成して、リッジ部分を再成長する方法が提案されている (特開平 5-121822 号公報、特開平 9-199791 号公報等)。このようなレーザの構造とその作成方法を図 5 に示す。まず、基板 21 上に、第 1 導電型第 1 クラッド層 11、活性層 12 及び第 2 導電型第 1 クラッド層 13 を成長した (図 5 (a)) 後、該第 2 導電型第 1 クラッド層 13 表面を  $\text{SiO}_2$  等の保護膜 31 で被覆し、フォトリソグラフィ法でストライプ状の窓を開け、該ストライプ領域にのみ第 2 導電型第 2 クラッド層 13a と第 2 導電型コンタクト層 14 を選択成長する (図 5 (b))。次いで、リッジ以外の部分を覆う保護膜 31、リッジを形成する第 2 導電型第 2 クラッド層 13a の側面及び第 2 導電型コンタクト層 14 の表面全体を  $\text{SiN}_x$  等の絶縁層 31a で被覆し、再度リッジ頂部の  $\text{SiN}_x$  絶縁層をフォトリソグラフィ法で除去した後、表面全体に電極 32 を形成する (図 5 (c))。

【0006】 このように絶縁層で、リッジ以外の部分に電流が流れないようにすると表面は絶縁層で覆われてしまい劈開がしやすく、また電極剥がれなどの問題があった。また、絶縁層にピンホール等が存在した場合に、リッジ以外の部分に、電流が流れてしまいリッジ部分で十

分に電流を狭窄できないという問題もあった。さらに図 9 (b) のように、基板側を上エピタキシャル層側を下にする j-down (ジャンクションダウン) で組み立てた際には、半田材が電極と保護膜の厚み分回り込むだけでその下の化合物半導体層に達してしまい電流漏れを生じやすく、リッジ部分が他の部分に比べて、とびだしているためストレスによる劣化を招きやすい等の問題があり好ましい状態ではない。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来型のリッジストライプ型導波路構造半導体発光装置は、再成長を用いて作成する場合でも、絶縁層等でリッジ以外の部分に電流が流れないようにした LD では、劈開、組立がしづらくまた、保護膜等で十分に電流が狭窄されずに歩留まりが低下する場合があった。また j-down に組み立てた場合には、リッジ以外の部分への電流漏れやストレスによる劣化を招き、十分な LD 特性が得られない場合があった。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記の課題を解決すべく鋭意検討した結果、リッジの外側にある保護膜のさらに外側に、電流ブロック層となる半導体層を形成した構造を有する半導体発光装置とすることで、保護膜の存在を最小限にし、劈開、組立等の歩留まりを向上することを見だし、また、j-down で組み立てた場合に十分な LD 特性が得られることを見だし、本発明に到達した。

【0009】即ち、本発明の要旨は、図 1 にその構造及び製法の一例を示したようなリッジストライプ型導波路構造を持つ半導体発光装置及びその製造方法である。具体的には、基板上に、活性層を含む化合物半導体層、電流が注入される開口部上に形成されたリッジ型の化合物半導体層、該開口部の両側を覆う保護膜を有する半導体発光装置において該保護膜の外側に形成された電流ブロック層を有することを特徴とする半導体発光装置、基板上に活性層を含む化合物半導体層及び開口部を有する保護膜をこの順に形成する工程、該保護膜の両側に電流ブロック層を選択成長する工程、該保護膜の開口部に対応する部分を除去する工程、開口部にリッジ型の化合物半導体層を選択成長する工程を含むことを特徴とする半導体発光装置の製造方法、並びに基板上に、活性層を含む化合物半導体層及び電流ブロック層をこの順に積層する工程、該電流ブロック層の一部を除去する工程、その除去された部分に該開口部を有する保護膜を形成する工程、開口部にリッジ型の化合物半導体層を選択成長する工程を含むことを特徴とする半導体発光装置の製造方法である。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明を詳細に説明する。本発明の構造は再成長によって作成されるものである。

すなわち、図 1 にあるように、最初に基板上に形成される、活性層を含む化合物半導体層は、通常、活性層の上下に活性層より屈折率の小さい層を含んでおり、そのうち基板側の層は第 1 導電型クラッド層、他方のエピタキシャル側の層は第 2 導電型第 1 クラッド層として機能する。このほか光ガイド層として機能する層を含んでいてもよい。通常は、2 層のクラッド層で活性層を挟んでなるダブルヘテロ (DH) 構造であり、基板 21 上に第 1 導電型クラッド層 11、活性層 12、第 2 導電型クラッド層 13 を順次積層する。このとき、第 2 導電型クラッド層 13 の上にさらに表面酸化を防止する機能をもつ酸化防止層を含んでいてもよく、例えば直接酸化防止層 15 を積層することができ、これは好ましいものである

(図 1 (a))。次に絶縁層である保護膜 31 を堆積させ、フォトリソグラフィ法によりこの保護膜の外側部分にリッジダミー領域の保護膜を除去する。リッジダミー領域とは、図 8 に示すようにエピタキシャル層側から見て、保護膜の外側部分を基板からエピタキシャル層を含んで、リッジダミー領域と称することとする。それには保護膜 31 に乗りかかるように成長したエピタキシャル層も含むこととする。リッジダミー領域に電流ブロック層 16 を形成する (図 (b))。さらにフォトリソグラフィ法により保護膜の中心部分にリッジ形成用の開口部を開ける。開口部の形状としては、ストライプに限定されず、例えばその一部が広がっていたり、狭くなっていたりしてもよい。この上にリッジ型の化合物半導体層、即ち、通常は活性層よりも屈折率の低い化合物半導体層である第 2 導電型第 2 クラッド層と抵抗低減のためのコンタクト層を形成する。このほかに光ガイド層として機能する層を含んでいてもよい。そうする事により、リッジ部分に第 2 導電型クラッド層 13a とコンタクト層 14 が、リッジダミー領域にはこれと対応するようなそれぞれの層 13b と 14b が堆積する。

【0011】また、図 2 にあるように最初に基板 21 上に第 1 導電型クラッド層 11、活性層 12、第 2 導電型クラッド層 13、必要により酸化防止層 15、電流ブロック層になる 16 を形成する (図 (a))。次にフォトリソグラフィ法とエッチング技術を用いて、リッジ部と保護膜を形成する部分を除去する (図 (b))、次いで絶縁体である保護膜 31 を堆積させ、フォトリソグラフィ法によりリッジダミー領域とリッジ部分に開口部を開ける。この上に第 2 導電型クラッド層とコンタクト層を形成する。そうする事により、リッジ部分に第 2 導電型クラッド層 13a とコンタクト層 14 が、リッジダミー領域にはこれと対応するようなそれぞれの層 13b と 14b が堆積する (図 (c))。尚、図 1 (d) 及び図 2 (d) において、32 及び 33 は電極であり、公知の方法で堆積させて形成される。

【0012】このダブルヘテロ構造の作成や再成長には MOCVD や MBE などの公知の成長方法を用いればよ

い。また、基板についても導電性があるものであれば使用できるが、望ましくはその上に結晶薄膜を成長するため、GaAs、InP、Si、ZnSeといった半導体単結晶基板、特に閃亜鉛鋅型構造を有する半導体結晶基板を用いるのが良く、その場合基板の結晶成長面は(100)面またはそれと結晶学的に等価な面が好ましい。なお、本明細書において(100)面という場合、必ずしも厳密に(100)の面である必要はなく、最大15°程度のオフアングルを有する場合までを包含することとする。

【0013】また、基板は六方晶型の基板でもよく、その場合はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、6H-SiC等の上にも形成されるものである。

【0014】クラッド層や活性層、電流ブロック層、必要に応じて接触抵抗低減のために第2導電型第2クラッド層上に形成される第2導電型コンタクト層についても限定はしないが、AlGaAs、AlGaInP、GaInPAs、AlGaInN、BeMgZnSSe、CdZnSeTe等の一般的なIII-V族、II-VI族半導体を用いてDH構造を作成すればよい。また、このとき、電流ブロック層は、リッジ部分に電流を集中させ、リッジ部分でのみレーザー発振を起こせるような材料であればよいが、厚みに関しては厚すぎると、例えばリジストライブ幅の制御性が悪くなり、薄いとj-downに組立てた場合にリジストライブ部分へのストレスを回避する効果が薄れる。そのため電流ブロック層の厚みの下限値は、100nm以上が好ましく、300nm以上がより好ましく、500nm以上が最も好ましい。またその上限値は、2000nm以下が好ましく、1500nm以下がより好ましく、1000nm以下が最も好ましい。電流ブロック層は、絶縁層でもよいが、半導体層であることが好ましい。この場合、導電型としては第1導電型であるかまたは高抵抗であり、キャリア濃度の下限値は、 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上が好ましく、 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上がより好ましく、 $7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上が最も好ましい。またその上限値は、 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下がより好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下が最も好ましい。また、保護膜と電流ブロック層の境界部分での電流の漏れを防ぐためには、電流ブロック層は保護膜上にのりかかる様に形成されることがより好ましい。

【0015】電流ブロック層を成長する際の保護膜の幅d(図1(b))とこの保護膜の繰り返し幅L(図1(b))については、特に限定しないが、この保護膜の幅dとこの保護膜の繰り返し幅Lの比d/Lが、0.002以上0.5以下である場合にはリッジのあつみや、キャリア濃度の制御が容易となるので好ましい。又、この保護膜に、リッジ形成用の開口部を開ける必要があることから、保護膜の幅dが、開口部の幅Wに近いと、精度良く開口部を空けることが難しく、保護膜にリッジ

部分やリッジダミー領域が乗りかかるような選択成長をすることが不可能となる。この時、リッジ再成長用の保護膜の幅D(図1(c))は $d = 2D + W$ となる。保護膜Dの幅についても特に限定しないが、上記の理由により、下限は好ましくは5μm以上、より好ましくは7μm以上、最も好ましくは10μm以上であり上限については、d/Lの比を満たしていれば好ましい。

【0016】また、このとき、クラッド層は、活性層より屈折率が小さい材料が選択される。コンタクト層としては、通常、バンドギャップがクラッド層のそれよりも小さい材料が選択され、金属電極とのオーミック性を取るための低抵抗で、適当なキャリア密度、キャリア濃度の下限値は、 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上が好ましく、 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上がより好ましい。またその上限値は、 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $2 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下がより好ましい。

【0017】第2導電型第2クラッド層と同一材料でも、よりキャリア濃度の高い層をコンタクト層として用いてもよいし、或いは第2導電型第2クラッド層の表面側の一部にキャリア濃度の高い部分を作り、キャリア濃度の高い部分をコンタクト層として用いてもよい。また、活性層は、単一の層からなる場合に限定されず、量子井戸層および該量子井戸層を上下から挟む光ガイド層からなる単一量子井戸構造(SQW)や、複数の量子井戸層およびそれらに挟まれたバリア層ならびに最上の量子井戸層の上および最下の量子井戸層の下に積層された光ガイド層からなる多量子井戸構造(MQW)をも包含することとする。さらに、リッジ部分のクラッド層の屈折率を活性層の上にあるクラッド層の屈折率よりも低い構造としてレーザー作製時の組成のバラツキが原因となる光の拡がり角のバラツキを小さくすることができる。

【0018】保護膜についても特に限定しないが、保護膜の開口部上に形成されたリッジ部の下の活性層の領域にのみ電流注入を行えるように、開口部両脇の保護膜で電流狭窄を行うために絶縁性を有する必要がある、また、活性層に水平方向にリッジ部、保護膜の間で実効屈折率差をつけ、レーザー発振の横モードの安定化を図るために、保護膜の屈折率はクラッド層の屈折率よりも小さいことが好ましい。しかし、実用上は、屈折率差が大きすぎると活性層内での横方向の有効屈折率段差が大きくなり易いために、リッジ下の第1クラッド層を厚くしなければならなくなる。一方、屈折率差が小さすぎる場合、保護膜の外側へ光が漏れやすくなるために保護膜をある程度厚くする必要があるが、このことにより劈開性が悪くなるという問題が生じる。これらのことを考え併せて、保護膜とクラッド層との屈折率差の下限値は0.1以上が好ましく、0.2以上がより好ましく、0.7以上が最も好ましい。またその上限値は2.5以下が好ましく、2.0以下がより好ましく、1.8以下が最も好ましい。

【0019】また、保護膜の厚みは、絶縁特性を十分に示すことができ、かつ保護膜の外側に光が漏れない程度の厚さがあれば、特に問題はない。保護膜の厚みの下限値は、10nm以上が好ましく、50nm以上がより好ましく、100nm以上が最も好ましい。またその上限値は、50nm以下が好ましく、300nm以下がより好ましく、200nm以下が最も好ましい。また、保護膜の幅Dとリッジ部分の繰り返し幅Lについては特に限定しないが、この保護膜の幅Dとリッジ部分の繰り返し幅Lとの比 $D/L$ が0.001以上0.25以下である場合には、リッジ部分の厚みやキャリア濃度の制御が容易となるので好ましい。ここで保護膜の幅Dやリッジ部分の繰り返し幅Lは、それぞれの繰り返し単位中での幅が同一ならその同一の幅を、各繰り返し単位中での幅にばらつきがあれば、それぞれの幅の平均値を用いればよい。

【0020】保護膜は、絶縁層として作用するが誘電体であることが好ましく、具体的には、 $\text{SiN}_x$ 膜、 $\text{SiO}_2$ 膜、 $\text{SiON}$ 膜、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜、 $\text{ZnO}$ 膜、 $\text{SiC}$ 膜及びアモルファスSiからなる群から選択される。保護膜は、マスクとしてMOCVDなどを用いてリッジ部を選択再成長により形成する場合に用いられるとともに、電流狭窄の目的でも用いられる。プロセスの簡便さから、電流狭窄用の保護膜と選択成長用の保護膜は同一組成のものを使用することが好ましいが、組成が異っていてもよく、また必要に応じて組成の異なる層を多層に成膜してもよい。

【0021】閃亜鉛銦型基板を用い、かつ基板表面が(100)面又はそれと結晶学的に等価な面の場合、リッジ部側面に後述するコンタクト層が成長しやすくなるためには、保護膜の開口部として好ましく用いられるストライプ領域長手方向が[01-1]方向又はそれと結晶学的に等価な方向に伸びていることが好ましい。その場合リッジ側面の大部分が(311)A面となることが多く、リッジを形成する第2導電型第2クラッド層上の成長可能な実質の全面にコンタクト層を成長させることができる。同様の理由により、ウルツァイト型の基板を用いた場合には、ストライプ領域の伸びる方向は、例えば(0001)面上では[11-20]又は[1-100]が好ましい。HVPE(Hydride Vapor Phase Epitaxy)ではどちらの方向でもよいが、MOVPEでは[11-20]方向がより好ましい。

【0022】この傾向は、例えばAl、Ga及びAsを構成元素として含む化合物半導体、より具体的にはAlGaAs系化合物半導体をクラッド層として用いた場合、第2導電型第2クラッド層がAlGaAs特にAlAs混晶比の下限値は0.2以上が好ましく、0.3以上がより好ましく、0.4以上が最も好ましい。またその上限値は、1.0以下が好ましく、0.9以下がより好ましく、0.8以下が最も好ましい。なお、本明細書において「[01-1]方向」という場合は、一般的なIII-V

族、II-VI族半導体において、(100)面と[01-1]面との間に存在する[11-1]面が、それぞれV族又はVI族元素が現れる面であるように[01-1]方向を定義する。また、必ずしも[01-1]ジャストの方向である必要はなく、[01-1]方向から $\pm 10^\circ$ 程度方向がずれた方向までを包含するものとする。

【0023】本発明の実施態様は上記の開口部がストライプ形状である場合のストライプ領域が[01-1]方向の場合に限定されない。以下に他の実施態様を説明する。ストライプ領域が[011]方向又はそれと結晶学的に等価な方向に伸びている場合、例えば、成長条件により、成長速度に異方性をもたせることができ、(100)面では速く、(111)B面ではほとんど成長しないようにすることができる。その場合、ストライプ状の窓部(100)面に選択的に成長を行うと、(111)B面を側面とするリッジ状第2導電型第2クラッド層が形成される。この場合も次にコンタクト層を形成する際、より等方性の強い成長が起こる条件を選ぶことにより、(100)面のリッジ頂部とともに(111)B面からなるリッジ側面にも全面的にコンタクト層が形成される。MOCVD法を用いてIII-V族化合物半導体層を成長する場合、ダブルヘテロ構造は、成長温度700°C前後、V/III比25~45程度、リッジ部分は成長温度630~700°C、V/III比45~55程度で行うのが好ましい。特に保護膜を用いて選択成長するリッジ部分がAlGaAs等のAlを含むIII-V族化合物半導体である場合、成長中に微量のHClガスを導入することにより、保護膜上へのボリの堆積が防止され、非常に好ましい。その場合、HClガスの導入量が多すぎるとAlGaAs層の成長が起こらず、逆に半導体層がエッチングされてしまう(エッチングモード)が、最適なHCl導入量はトリメチルアルミニウム等のAlを含んだIII族原料供給モル数に大きく依存する。具体的には、HClの供給モル数とAlを含んだIII族原料供給モル数の比( $\text{HCl}/\text{III族}$ )の下限値は、0.01以上が好ましく、0.05以上がより好ましく、0.1以上が最も好ましい。またその上限値は、50以下が好ましく、10以下がより好ましく、5以下が最も好ましい。

【0024】本発明の構造に加えて、ダブルヘテロ構造表面の再成長表面を酸化しづらしくは酸化しても容易に酸化膜を除去できるような酸化防止層を形成することも可能である。また、リッジ部分のクラッド層の屈折率を活性層の上にあるクラッド層の屈折率よりも低くなる構造として、レーザ作成時の組成のばらつきにより光の拡がり角のばらつきを小さくすることもできる。さらには、上記MOCVD法等公知の手法を使用して再成長部のクラッド層を保護膜の上面にかかるように成長し、保護膜とリッジ部の近傍にしみ出す光の分布の制御性を良くしたり、再成長部のコンタクト層を保護膜の上面にかかるように成長し、クラッド層側面の酸化防止やエビ

タキシャル面側の電極との接触面積の増加を行うこともできる。これら再成長部のクラッド層やコンタクト層を保護膜上部にかかるように成長することはそれぞれ単独に行っても良いし、両方を組み合わせても良い。このように、本発明は様々なリッジストライプ型導波路構造半導体発光装置に応用が可能である。またこの構造は、端面発光型のLEDとしても応用可能である。

【0025】本発明においては、絶縁膜である保護膜の外側に電流ブロック層を形成することで絶縁膜を使用する面積を最小限にしたことを特徴とし、これにより、劈開の際に共振器に平行な方向には保護膜が存在せず、また、垂直方向には最小限の保護膜しか存在しないため劈開が容易となる。また、電流ブロック層の存在によりリッジダミー領域がリッジストライプ部分より厚くすることができ、図9(a)に示すようにj-downで組み立てた場合に中央のリッジに大きなストレスがはいらず、劣化を防ぐという利点がある。また電流ブロック層の存在により、リッジダミー領域がサイリスタ構造となるためj-down構造で組み立てた場合の半田材のまわりこみによる電流もれを防ぐという利点がある。

【0026】本発明を適用した最も望ましい形態としては、図3に示すようにDH表面に酸化防止層15を設け、再成長したクラッド層13aとコンタクト層14aは保護膜31上部までかかるように成長させ、さらにリッジ部クラッド層13aの屈折率を活性層の上にあるクラッド層13の屈折率よりも低くなる構造にし、電流ブロック層16も同様に保護膜31の上部にかかる構造にしたものである。

【0027】また、リッジ型の化合物半導体層は、通常、大部分が第2導電型第2クラッド層であるが、その側面及び上面等の実質的全面に、リッジ型化合物半導体層の他の部分より低抵抗のコンタクト層が形成されることが好ましい。この様に、コンタクト層を介して、隣接する電極及び第2導電型第2クラッド層との間に十分な接触面積を持たせることにより、装置全体の抵抗を低く抑えることができる。

【0028】なお、コンタクト層が形成されたリッジの側面及び上面の一部を更に酸化防止等の目的の層で覆うことも可能である。その場合も、リッジ側面にコンタクト層を形成せずに電極を形成するよりは装置全体の抵抗を小さく抑えることができ、その限りにおいて、本発明に包含されるものである。特に、AlGaInP系やAlGaInN系など比抵抗の高い材料（とりわけp型において）において、装置全体の抵抗低減には有効である。

【0029】前述のMOCVD法等の公知の手法を使用して再成長した第2導電型第2クラッド層であるリッジ型の化合物半導体層の一部が、保護膜上にのりかかるように形成されている構造が好ましい。第2導電型、第2クラッド層の保護膜上への重なり部分の下限値は、 $0.01\mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $0.1\mu\text{m}$ 以上がより好

ましい。またその上限値は、 $2.0\mu\text{m}$ 未満が好ましく、 $1.0\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。上記の様に形成されることによりコンタクト層と電極との接触面積を増大させることができ、コンタクト層と電極との接触抵抗が下がるとともに、保護膜とリッジ底部との境界近傍にしみ出す光分布の制御性を向上させることができる。また、活性層から発光する光のエネルギーより小さいバンドギャップを有するコンタクト層を使用した場合には、リッジ側面に形成されるコンタクト層の光吸収を低減させることができ、レーザ特性や信頼性の向上が実現できる。この場合、従来のリッジ導波型レーザのように必ずしもリッジ型の化合物半導体層の側面に保護膜を形成されていなくてもよく、本発明においては、前記リッジ形状部の側面の底部に保護膜が接してあればよいのでプロセスの簡素化、コスト低減においても有効である。

【0030】本発明の望ましい実施形態では、第2導電型第1クラッド層の屈折率が第2導電型第2クラッド層の屈折率よりも大きい。この第2導電型第1クラッド層と第2導電型第2クラッド層の屈折率差の下限値は、 $0.005$ 以上が好ましく、 $0.01$ 以上がより好ましく、 $0.02$ 以上が最も好ましい。またその上限値は、 $0.15$ 以下が好ましく、 $0.1$ 以下がより好ましく、 $0.08$ 以下が最も好ましい。これにより、リッジ部分への光分布（近視野像）の裾引きを抑制することができ、垂直広がり角（遠視野像）の対象性向上、水平広がり角（遠視野像）のサイドピーク抑制、あるいはコンタクト層での光吸収抑制によるレーザ特性や信頼性の向上を達成できる。

【0031】本発明の望ましい別の実施形態では、第2導電型第1クラッド層上の少なくとも保護膜開口部直下、即ち、ストライプ領域及び好ましくはその両側にも酸化防止層を有する。これによりリッジ部のクラッド層を再成長により形成する場合、再成長界面で通過抵抗を増大させるような高抵抗層の発生を防ぐことが可能になる。また、再成長界面に酸素等の不純物が多量に存在すると、結晶品質低下による界面での光吸収（発熱）や欠陥を介した不純物拡散の促進などを引き起こし、特性や信頼性の劣化を招いてしまう。酸化防止層を設けると、これらの界面における結晶品質低下を少なくすることができる。

【0032】上記以外に、以下に列挙する様な実施形態と組み合わせることが可能である等、本発明は様々なリッジ導波型半導体発光装置に応用可能である。

(1) ストライプ領域の両側を覆う保護膜の更に外側に半導体、誘電体等好ましくは半導体の電流ブロック層を形成することにより、劈開、組立時の歩留まりを向上させ、ジャンクションダウンで組み立てた際のリッジ部へのストレスを軽減して長寿命とすることができる。

(2) 表面が低次の面方位に対してオフアングルを有する基板を採用することにより、再成長リッジ部が左右非



対称の形状となっても光密度分布（あるいはビームプロファイル）の横方向の対称性は良好となる様にし、高出力まで安定な基本横モードで発振可能とし、素子歩留まり及び信頼性を向上させることができる。

（3）ストライプ領域の両側を覆う保護膜の更に外側に電流ブロック層が形成されるリッジダミー領域を有する構造を形成することにより、ストライプ部分の厚みや組成、キャリア濃度の制御を容易に行う。

#### 【0033】

【実施例】以下、本発明を実施例により更に詳細に説明するが、本発明は、その要旨を越えない限り、下記実施例により限定されるものではない。

（実施例）この実施例は図1に示すものである。表面が（100）面である厚さ350 $\mu$ mのn型GaAs（ $n=1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）基板21上に、MOCVD法によりSiドープAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As（ $x=0.55$ ； $n=1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）で厚さ1.5 $\mu$ mのn型第1クラッド層11、ノンドープAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As（ $x=0.14$ ）で厚さ0.06 $\mu$ mの活性層12、ZnドープAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As（ $x=0.55$ ； $p=1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）で厚さ0.25 $\mu$ mのp型第1クラッド層13、厚さ10nmのZnドープAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As（ $x=0.2$ ； $p=1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）を順次積層した。次に保護膜としてSiNx膜31を200nm堆積させ、フォトリソグラフィ法によりこのSiNx保護膜に[01-1]B方向に幅22 $\mu$ mのストライプ状にSiNx膜を残した。ここで[01-1]B方向とは（100）面と[01-1]面の間に存在する[11-1]がAs面が表面に表れるように定義される。また、このリッジ部分の繰り返し幅Lは250 $\mu$ mごととした。（ $D/L=0.088$ ）。この上にMOCVD法により、厚さ0.5 $\mu$ mのSiドープGaAs（ $n=1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）16を選択成長させた。次に、フォトリソグラフィ法により、ストライプ状のSiNx膜の中心に[01-1]B方向に幅2.2 $\mu$ mのストライプ状の窓を開けた。この上に、MOCVD法により選択成長を行い、リッジストライプ状に、ふつうの基板上への全面成長を行った場合に、ZnドープAl<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As（ $x=0.57$ ； $p=1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ ）で厚さ1.25 $\mu$ mとなるようなp型第2クラッド層13aとキャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ のZnドープGaAsで厚さ0.5 $\mu$ mとなるようなp型コンタクト層14を形成した。リッジ部分に成長したクラッド層やコンタクト層の厚みを断面観察により測定した結果、その厚みはふつうの基板上に全面成長した場合と誤差の範囲で一致した。この後、p側の電極を蒸着し、基板を100 $\mu$ mまで薄くした後にn側の電極を蒸着した。図10に本実施例の半導体発光装置の断面図を示した。こうして作成したウエハーより劈開でチップを切り出したところ、劈開による損傷がなく、組立による電極剥がれもなかった。近視野像を確認した

所、リッジ部分でのみ発光が観察され、電流ブロックにより、リッジ部分のみに電流狭窄されているのが確認された。また、図9（a）のようにj-downで組立を行ったところ、図6に示す通り非常に良好な電流-電圧特性を示し、非リッジ部分への電流もれがないことを確認し、製品歩留まりも良好であることを確認した。

【0034】（比較例）実施例と同様の工程でレーザを作成した。この際、電流ブロック層としての半導体層16の選択成長をせずにp型コンタクト層14の上にSiNx絶縁膜XYを200nm堆積させ、フォトリソグラフィ法によりこのSiNx絶縁膜に[0-1-1]A方向にリッジストライプ上に幅10 $\mu$ mにストライプ状の窓を開けた。これ以外は全く実施例と同じにした。図11に本比較例の半導体発光装置の断面図を示した。劈開、組立を行った結果、p-側表面にSiNx膜、電極が形成されるために劈開性が悪くなったり、電極、SiNx膜が剥がれるなどの問題が起こった。近視野像を確認した所、リッジダミー領域での電流もれにより活性層全体が発光している様子が確認されSiNx絶縁膜により十分に電流が狭窄されないレーザが多数認められた。また、図9（b）のようにj-downで組み立てた場合は、電流漏れを生じ、図7に示す通り、電流-電圧特性のとれないものが多数発生し、リッジストライプとその両側に成長した部分の厚みが同じであるため半田材からのストレス等での劣化を招きやすく十分なレーザ特性が得られず、また、歩留まりが低下した。

#### 【0035】

【発明の効果】本発明によれば、リッジストライプ型導波路構造半導体発光装置の電流狭窄を目的とした絶縁層を使用しないことから劈開、組立による歩留まりが向上し、リッジストライプの外側には電流ブロック層が存在し、リッジストライプ部分よりも厚いためj-downで組み立てた場合にリッジストライプ部分へのストレスを軽減し、高出力、長寿命が達成できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】aはリッジ部を再成長により作成する本発明実施例の半導体発光装置のダブルヘテロ構造の成長が終わった段階での断面図。bはリッジ部を再成長により作成する本発明実施例の半導体発光装置の電流ブロック層再成長が終わった段階での断面図。cはリッジ部を再成長により作成する本発明実施例の半導体発光装置のリッジ再成長が終わった段階での断面図。dはリッジ部を再成長により作成する本発明実施例の半導体発光装置の完成したものの断面図。

【図2】aはリッジ部を再成長により作成する本発明実施例の半導体発光装置のダブルヘテロ構造の成長が終わった段階での断面図。bはリッジ部を再成長により作成する本発明実施例の半導体発光装置の電流ブロック層の形成が終わった段階での断面図。cはリッジ部を再成長により作成する本発明実施例の半導体発光装置のリッジ

再成長が終わった段階での断面図。dはリッジ部を再成長により作成する本発明実施例の半導体発光装置の完成したものの断面図。

【図3】リッジ部を再成長により作成する本発明のうち、あるひとつの実施例の半導体発光装置の完成したものの断面図。

【図4】aはリッジ部をエッチングにより作成する従来の半導体発光装置のDH成長が終わった段階での断面図。bはリッジ部をエッチングにより作成する従来の半導体発光装置のリッジエッチングが終わった段階での断面図。cはリッジ部をエッチングにより作成する従来の半導体発光装置の完成したものの断面図。

【図5】aはリッジ部を再成長により作成する従来の半導体発光装置のDH成長が終わった段階での断面図。bはリッジ部を再成長により作成する従来の半導体発光装置のリッジ再成長が終わった段階での断面図。cはリッジ部を再成長により作成する従来の半導体発光装置の完成したものの断面図。

【図6】リッジ部を再成長により作成する本発明の実施例で作製した半導体発光装置の電流-電圧特性。

【図7】リッジ部を再成長により作成する従来の半導体発光装置を比較例として作製した電流-電圧特性。

【図8】本発明の半導体発光装置をエピタキシャル層側から見た図であり、保護膜、リッジダミー領域を示した図。

【図9】(a)本発明の半導体発光装置をジャンクションダウン型に組み立てた様子を示した図、(b)本発明の半導体発光装置の比較例をジャンクションダウン型に

組み立てた様子を示した図。

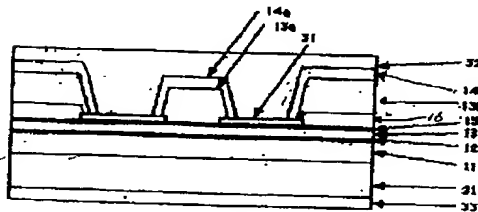
【図10】本発明の最も好ましい半導体発光装置の完成したもので、実施例に使用した半導体発光装置の断面図。

【図11】比較例に使用した半導体発光装置の完成したものの断面図。

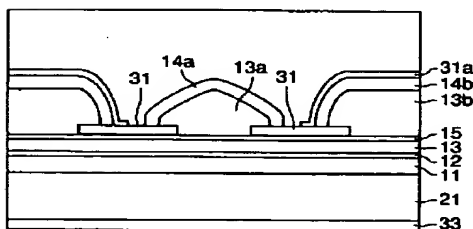
【符号の説明】

- 11 第1導電型第1クラッド層
- 12 活性層
- 13 第2導電型第1クラッド層
- 13a 第2導電型第2クラッド層
- 13b リッジダミー領域に出来た第2導電型第2クラッド層
- 14 第2導電型コンタクト層
- 14a リッジ部分に出来た第2導電型コンタクト層
- 14b リッジダミー領域に出来た第2導電型コンタクト層
- 15 酸化防止層
- 16 電流ブロック層
- 21 基板
- 31 保護膜
- 31a 絶縁層
- 32 エピタキシャル層側電極
- 33 基板側電極
- 34 はんだ材
- 35 ヒートシンク
- 36 ボンディングワイヤー

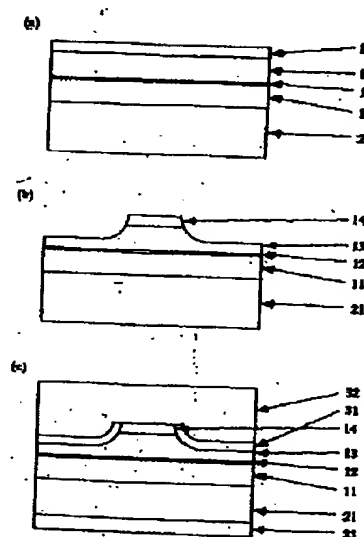
【図3】



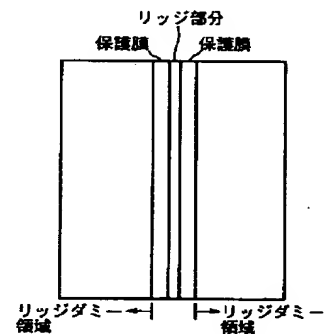
【図11】



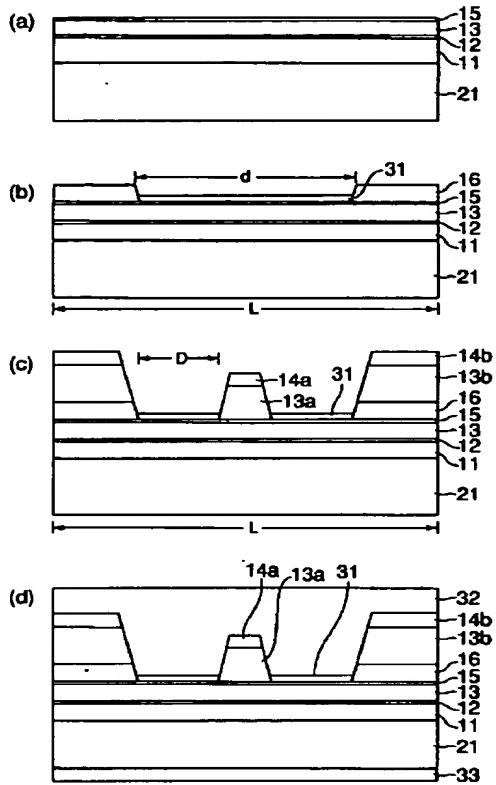
【図4】



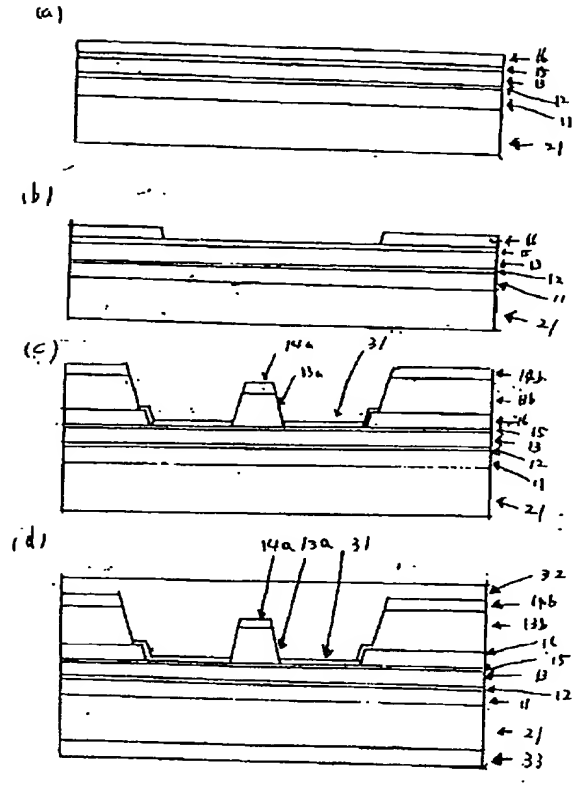
【図8】



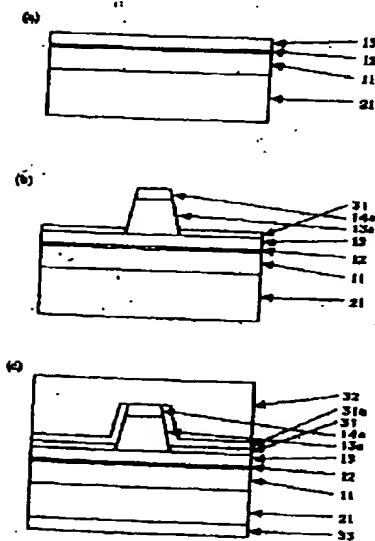
【図1】



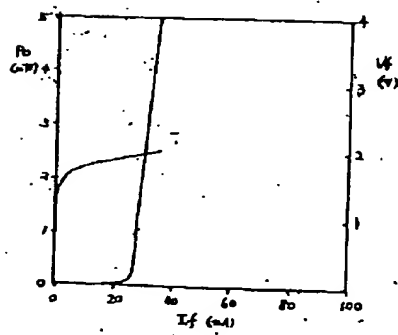
【図2】



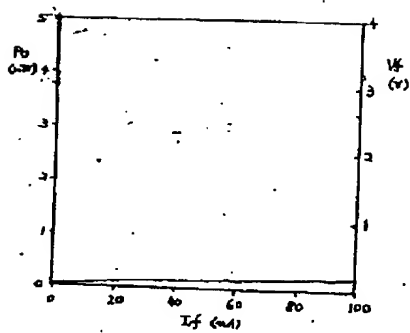
【図5】



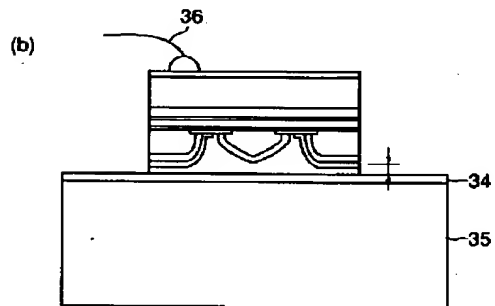
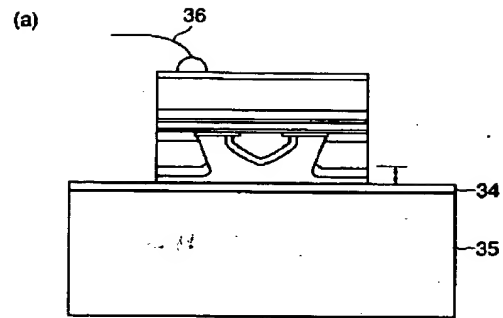
【図6】



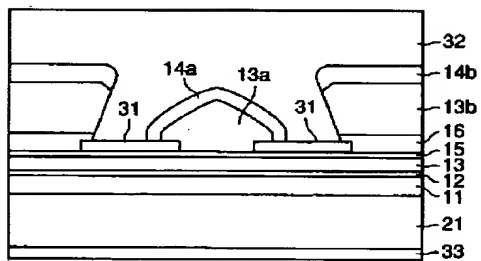
【図 7】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 藤井 克司  
茨城県牛久市東猫穴町1000番地 三菱化学  
株式会社筑波事業所内

(72)発明者 清見 和正  
茨城県牛久市東猫穴町1000番地 三菱化学  
株式会社筑波事業所内